

明細書

燃料電池の冷却装置および冷却方法

技術分野

本発明は、燃料電池システムの冷却装置に係り、特に、導電率を予測して冷却
5 液の温度を制御する冷却装置に関する。

背景技術

電気自動車等の移動体に搭載される燃料電池システムでは、燃料電池において
発生した熱を逃すため、冷却液を循環させる冷却装置を用いている。

従来、このような冷却装置として、例えば特開 2002—216817 号公報
10 には、冷却液の温度が高く、導電率が低いときには導電率低減装置（イオン交換
樹脂）への冷却液バイパス割合を減らし、冷却液の温度が低く、導電率が高いと
きには導電率低減装置へのバイパス割合を増やす冷却装置が開示されていた。こ
の技術によれば、高い冷却性能が要求される高温時にはバイパス流量を減らして
冷却を優先させ、放熱量が少ない低温時には冷却液の導電率低減を優先させるこ
15 とができていた。

同様の技術が、特開 2003—123804 号公報や特開 2003—1238
13 号公報にも記載されている。

発明の開示

20 本願出願人は、実験により、冷却液の導電率が冷却液の使用による経時的な上
昇だけではなく、冷却液が使用される温度とも相関関係があることを発見した。
すなわち、冷却液の温度が高いほど導電率が上昇する傾向にあることを見出した。
上記従来技術では、このような冷却液の温度上昇に伴う導電率上昇を考慮してい
ないので、温度が高い状態で導電率低減装置を通過する冷却液の割合が小さいと、
25 結果的に導電率が許容上限を超えてしまう可能性がある。

そこで本発明は、燃料電池の運転状態の変化に伴う冷却液の温度変化が生じて

も冷却液の導電率を所定範囲に維持可能な燃料電池の冷却装置を提供することを目的とする。

上記課題を解決するために、本発明は、冷媒を供給することにより燃料電池の温度を目標設定温度に調整する冷却装置であって、冷媒の温度に関連するパラメータと当該冷媒の導電率との相関関係に基づいて目標設定温度での導電率が目標導電率範囲内に維持されるように冷媒の温度に関連するパラメータを制御可能に構成されたことを特徴とする。

冷媒には、通常温度と導電率との間に一定の相関関係があり、温度が高いほど導電率が高くなることが判明した。当該構成によれば、当該出願人が発見した事実に基づき特定される、冷媒の温度に関連するパラメータと冷媒の導電率との相関関係に基づいて、冷媒の温度に関するパラメータが制御されるので、冷媒の温度に対応して定まる導電率を目標導電率範囲内に調整・維持することが可能である。

ここで、「冷媒の温度に関連するパラメータ」とは、冷媒の温度、冷媒の冷却の程度、燃料電池の要求出力、燃料電池の運転状態、及び外気温からなるグループから選ばれる一つ以上の要素である。すなわち当該パラメータは直接的に間接的に冷媒の温度に影響を与える要素である。例えば冷媒の冷却の程度が強ければ冷媒の温度が下がり弱ければ冷媒の温度が上昇する。燃料電池の要求出力が増加すれば電気化学反応に伴う熱の発生によって冷媒の温度も上がるが、燃料電池の要求出力が減少すれば熱の発生も減り冷媒の温度も下がる。燃料電池の運転状態が高負荷であれば冷媒の熱が上がり低負荷であれば冷媒の熱が下がる。外気温が高ければ冷媒の温度も上がり外気温が低ければ冷媒の温度も下がる。

ここで、「冷媒の温度に関連するパラメータを制御」とするとは、燃料電池に供給される冷媒の供給状態を変更する冷媒供給状態変更手段によって達成することができる。ここで冷媒の供給状態とは、外部冷却装置（ラジエータ）で冷媒温度が低下した、燃料電池への供給前の冷媒温度や、燃料電池に対する冷媒供給量

(圧力や流量等)が含まれる。

- 冷媒の導電率が目標導電率の範囲を超えた場合または超えると予想される場合に燃料電池に対する冷媒の供給状態を変更（好ましくは供給される冷媒温度を低下したり、冷媒供給量を増加したりすること）することにより、冷媒の温度上昇を抑制する。この結果、導電率が目標導電率範囲内に維持される。

また、「冷媒の温度に関するパラメータを制御」するとは、燃料電池の運転状態を変更する運転状態変更手段によって達成することができる。ここで運転状態とは、例えば燃料電池の出力（発電量や電力等）や、燃料ガス及び酸化ガスの供給量（圧力や流量等）や、燃料電池の運転温度としての目標設定温度が含まれる。

- 冷媒の導電率が目標導電率の範囲を超えた場合または超えると予想される場合に燃料電池の運転状態を変更（好ましくは運転状態を制限、さらに好ましくは停止）することにより冷媒の温度上昇を抑制する。この結果、導電率が目標導電率範囲内に維持される。

- またここで冷媒の温度は、当該冷媒の冷却の程度と燃料電池の運転状態との少なくとも一方を変更することにより制御される。冷媒の温度は、冷媒の冷却の程度と燃料電池の運転状態とに直接的に影響を受ける。このため冷媒の冷却の程度を増減したり燃料電池の運転状態を変更したりする制御を実施すれば、冷媒の温度、すなわち導電率を予測の範囲に維持することが可能である。

- 例えば、冷媒の導電率を低減させる導電率低減手段をさらに備え、導電率低減手段による導電率の低減量に基づいて冷媒の温度に関連するパラメータを制御することは好ましい。一般に導電率低減手段による導電率の低減は冷媒が導電率低減手段に接触通過する量に依存しているが、導電率低減手段の処理容量を大きくすれば当該導電率低減手段による導電率の変化量が大きく効いてくるようになる。したがって、そのような場合には導電率低減手段による導電率の低減量を勘案して目標設定温度における導電率を予測することができ、より正確な導電率制御が可能である。

ここで「導電率低減手段」としては、イオン化した不純物を水素イオンや水酸化物イオン交換して導電率を下げるができるもので、種々のものが適用可能であるが、例えばイオン交換樹脂を利用したフィルタ構造を有しているものが利用しやすい。

- 5 具体的には、本発明は、冷媒の導電率を測定する導電率測定手段と、冷媒の温度を測定する温度測定手段と、冷媒の導電率、冷媒の温度、及び冷媒の温度と導電率との相関関係に基づいて目標設定温度での導電率を予測する手段と、目標設定温度での導電率が目標導電率範囲を超える場合に、冷媒の目標設定温度を低下させる手段とを備える。
- 10 従来、冷媒の温度を制御しなかったため、冷媒の温度上昇に相関して導電率が一旦上昇してしまうと冷媒の冷却や導電率低減手段による導電率低減が間に合わず、高い導電率になってしまう。一方、冷媒が暖機後にどのような温度になるかは、システムごとにある程度予想可能である。当該構成によれば、ある時点における導電率と冷媒の温度とを測定し、これらを相関関係に当てはめれば種々の温度
- 15 における冷媒の導電率が予測可能となる。したがってある目標設定温度における導電率が目標導電率範囲を越えている場合にはこの範囲内に入るように目標設定温度を変更すれば、導電率が異常に高くなることがない。すなわち、暖機後における冷媒温度を目標設定温度として管理し、冷媒の温度に影響を与えるパラメータと冷媒の導電率の相関関係を利用して目標設定温度での導電率を予め推測し、
- 20 その予測される導電率が目標導電率の範囲内になるように温度に関係するパラメータを調整するので、目標設定温度での導電率を適正範囲に保つための制御（フィードフォワード制御）が可能である。

一方、目標設定温度での導電率が目標導電率範囲を超えない範囲で冷媒の目標設定温度を上昇させる手段をさらに備えていてもよい。冷媒の温度は低ければ低いほどよいものではなく、支障の無い範囲の温度に設定されていることがシステム動作上好ましい場合が多い。例えば、冷媒の導電率は小さければ小さい程よい

が、燃料電池の起動時間を短縮させたり発電効率を最大にしたりするためには、冷媒の温度がある程度高いことも必要である。このため、冷媒の導電率を、目標導電率範囲を超えない範囲で温度を上昇させた方が好ましい場合がある。

5 図面の簡単な説明

図 1 : 実施形態 1 に係る燃料電池システムのブロック図。

図 2 : 実施形態 1 に係る冷却装置の動作を説明するフローチャート。

図 3 : 暖機後でも導電率が低い場合の冷却液温度と導電率の制御特性図。

図 4 : 実施形態 1 の目標導電率範囲を利用した制御を説明する冷却液温度と導電率の制御特性図。

図 5 : 実施形態 2 に係る燃料電池システムのブロック図。

図 6 : 実施形態 2 に係る冷却装置の動作を説明するフローチャート。

図 7 : 導電率を変更しない制御における冷却液温度と導電率の制御特性図。

図 8 : 導電率を低下させる制御における冷却液温度と導電率の制御特性図。

図 9 : 本発明における機能ブロック図。

発明を実施するための最良の形態

次に本発明を実施するための好適な実施形態を、図面を参照しながら説明する。以下の実施形態は、電気自動車等の移動体に搭載する燃料電池システムに本発明の冷却装置を適用したものである。これら実施形態は単なる例示であり、これらの開示事項に限定されるものではない。

(実施形態 1)

本発明の実施形態 1 は導電率低減装置による導電率の直接低減を考慮しない場合の冷却制御に関する。図 1 に本燃料電池システムのシステム全体図を示す。図 1 に示すように、当該燃料電池システムでは、冷却液の循環経路 11 が燃料電池スタック 10 の内部に冷却液を循環可能に設けられている。循環経路 11 はパイ

パス経路 12 とラジエタ 14 が設けられた冷却経路 13 とに分流し、三方弁 17 でバイパス経路 12 と冷却経路 13 とが選択可能に構成されている。循環経路 11 には制御部 20 の制御信号に基づく回転数で駆動される冷却液ポンプ 13 が設けられており、冷却液の強制循環が可能になっている。燃料電池スタック 10 の
5 出口には冷却液の温度を検出する温度計 S_t と冷却液の導電率を検出する導電率計 S_c が設けられている。

燃料電池スタック 10 は、単セルを複数積層して高電圧を発電可能に構成されている。各単セルは高分子電解質膜を燃料極及び空気極の二つの電極で挟み込んだ M E A (Membrane Electrode Assembly) という構造を、ガスの通りを良くする
10 セパレータで挟み込んで構成されている。燃料極は燃料極用触媒層を多孔質支持層上に設けてあり、空気極は空気極用触媒層を多孔質支持層上に設けてある。燃料電池スタック 10 は発電に伴う電気化学反応によって発熱するため、冷却液によって適正な温度範囲に維持される。

この燃料電池スタック 10 に燃料ガスである水素ガスを供給する系統としては、
15 図示しない燃料ガス供給源（高圧タンク、改質器、水素吸蔵合金タンク等）から供給された水素ガスを調圧して所定の供給圧に維持する調圧弁 21、燃料電池スタック 10 への水素ガスの供給を遮断する燃料電池入口遮断弁 22、燃料電池スタック 10 からの水素オフガスの排出を遮断する燃料電池出口遮断弁 23 が存在する。燃料電池出口遮断弁 23 殻の燃料オフガスは、図示しない希釈器に供給され
20 空気により希釈され排出される。

また燃料電池スタック 10 に酸化ガスである空気を供給する系統では、図示しない空気取り入れ口からコンプレッサ 30 によって空気が圧縮供給されて、電気化学反応に供され、空気オフガスとして排出されるようになっている。

なお、これら水素ガスを供給する系統や空気を供給する系統の各弁やポンプは
25 制御部 20 からの制御信号に基づいて駆動可能になっている。

制御部 20 は、E C U (Electronic Control Unit: 電子制御装置) 等の公知の

自動車制御用の汎用コンピュータシステムであり、図示しない中央処理装置（CPU）、RAM、ROM等を備えており、ROM等に格納されたコンピュータプログラムを実行することにより、本燃料電池システムを本発明の冷却装置として動作させることが可能になっている。特に、制御部20は内部に図3や図4に示すような、冷却液の温度と導電率との相関関係をデータテーブルとして記憶している点に特徴がある。この相関関係は一次線形な関係であるため、関係式の形式で記憶していてもよい。この相関関係を参照することによって、制御部20はある時点における冷却液の温度と導電率が判れば、その後冷却液の温度が変化した場合の導電率を予測可能になっている。図3及び図4から判るように、ある時点での導電率と温度とが決まると一点が定まり、そこから温度の上昇とともに直線的に導電率が増加する。最初の導電率が高ければその後の導電率は温度の上昇と共にそこから上昇していく。最初の導電率が低ければその低い位置から上昇していき、上昇率（変化係数）は最初の導電率の大小によらず同一である。

なお、図3及び図4に示すような冷却液の温度と導電率との相関関係は単なる例示であり、種々の要因により様々な相関関係を呈するので、その燃料電池システムごとに実測して求めることが好ましい。

上記構成において、燃料電池スタック10の燃料極側に水素ガスが供給され、空気極側に空気が供給されることにより、燃料電池スタック10は発電する。発電に伴う熱を除去するために、制御部20は冷却液ポンプ18を駆動させて循環経路11内に冷却液を循環させ燃料電池スタック10内部を冷却する。制御部20は温度計Stからの検出信号を参照して冷却液の温度を認識する。始動時などで冷却の必要が無い場合には三方弁17をバイパス経路12側に切り替えて冷却液の循環を行うが、燃料電池スタック10の温度が上昇し冷却が必要になると、制御部20はモータ15を駆動する制御信号を出力しファン16を回転させラジエタ14による冷却液の空冷を実施して冷却液の温度を低減させる。

さて上記冷却系統に流通する冷却液は、純水あるいは氷点を下げる溶質（エチ

レングリコール等)が溶解している不凍液である。冷却液等の溶媒には、燃料電池スタックで発生するイオンが溶け込んだり、配管材料が溶け出したりして、純水であっても若干のイオン分が含まれているため若干の導電率を示す。

図3に、冷却液における温度と導電率との相関関係図を示す。図3に示すように、イオン分子は温度に比例して動作が活発になるため、温度の上昇とともに冷却液の導電率が上昇する。ところで、燃料電池では冷却液は熱の発散のために用いられるものであり、もしも冷却液の導電率が高すぎると、燃料電池内部でショートや発電電力の減少、発電電圧の低下をもたらす。このため燃料電池の導電率はある程度以下に抑えておく必要がある。

しかしながら、冷却液の導電率は温度と相関関係があり、冷却液の温度が高くなった場合には冷却液の温度をすぐに下げることができないため、導電率も下げることができない。また、導電率低減装置を用いたとしても、導電率を急激に低下させることができない。このため負荷量の急激な増加があり冷却液の温度が急に上がった場合には、導電率が許容範囲を超えてしまう可能性があった。また、冷却液の導電率が過度に増加すると燃料電池内でショートし、発電量が低下したり発電が停止したりする可能性があるため、冷却液の導電率は許容範囲に収めたいところである。そこで、本実施形態では、以下に示す処理によって導電率が所定の範囲に維持されるようになっている。

図2のフローチャート及び図4の冷却液の温度と導電率の相関関係を参照しながら、本実施形態1における燃料電池システムの冷却装置における処理を説明する。この冷却液の温度制御は変化がゆっくりであるため、他の処理ほど頻繁に行わなくてもよい。そのようなタイミングになるまでは他の処理を優先する(S1:NO)。

図4の相関関係図において、斜線で示している導電率が $S_{max} \sim S_{min}$ の区間が導電率をフィードフォワード制御して保持したい目標導電率範囲である。以下の動作では始動時(時刻T₀)に冷却液の導電率と温度とを測定し、将来の暖機後

の導電率を制御するものとするが、特にこの制御は始動時に限定されるものではなく、間欠運転の再開時その他適当なタイミングに実施可能である。ある時点の導電率と温度とから将来の導電率を一定範囲に抑えるために冷却液の温度をコントロールする点が特徴である。制御部20は目標とする冷却液の温度を設定可能
5 になっているが、本実施形態では通常運転における暖機後の温度 T_H を初期状態も含めた標準的目標温度とし、暖機時の導電率の大きさに応じてそれより低い目標温度 T_L を再設定するようになっている。

冷却液の温度制御をするタイミングになったら(S1: YES)、制御部20は導電率計 S_c からの検出信号を読み込んで現時点における導電率 S_o を測定する
10 (S2)。同時に温度計 S_t からの検出信号も読み込んで現時点における温度 T_o も測定する(S3)。次いで、制御部20は現時点での導電率 S_o と温度 T_o から暖機後の導電率 S_H を予測する(S4)。電気自動車に搭載されるような燃料電池システムでは、燃料電池における電気化学反応により始動時から冷却液の温度が上昇していくが、燃料電池の負荷(走行状態)が一定であれば、冷却システムの冷却
15 と燃料電池の発熱との均衡が保たれる温度があり、その温度に近づくに連れて温度の変化が緩慢になっていく。どの程度の温度に燃料電池システムになるかはシステム毎の仕様に依るが、現時点における燃料電池の要求負荷や通常の走行状態における負荷量、または統計的に導き出せる予測負荷量から、大凡の冷却液の均衡温度が予測可能である。制御部20は、この均衡温度を暖機後の温度 T_H として、図4に示すような相関関係を示すテーブルまたは計算式に基づいて暖機後の
20 温度 T_H における導電率 S_H を導き出す。

図3に示すように、現時点での温度 T_o における導電率が S_o であり、図3の相関関係図上、点Aで示される位置に相当していた場合、このまま通常の温度制御により燃料電池システムが運転されると、導電率はこの直線に沿って上昇して
25 いき、暖機後の温度 T_H には点A'の位置に達する。この点A'における導電率が、図3の相関関係図に示すように、適正な導電率範囲の上限 S_{max} 以下である場合

には（点A'）問題が無い。ところが、図4の相関関係図に示されるように、出発点の点Aにおける導電率 S_0 が高かったために暖機の温度 T_H における導電率 A_H が斜線の目標導電率範囲の上限 S_{max} を越えてしまっている場合には導電率を下げる必要がある。

- 5 そこで、制御部20は、目標冷却液温度が通常設定の温度 T_H になっている場合であって（S5：YES）、相関関係図から予測される導電率 S_H が上限値 S_{max} を越えているときには（YES）、暖機後の目標冷却液温度を T_L に変更する（S7）。

- 10 図4から判るように、点Aから導電率が変化したとしてもこの目標冷却液温度 T_L では導電率 A_L が目標導電率範囲の上限値 S_{max} 以下になっている。したがってこの目標冷却液温度 T_L に冷却液の温度上昇を抑えることができれば、導電率が適正に制御されるのである。

- 15 ここで冷却液の温度は、幾つかの要素によって定まる。一つは、燃料電池スタック10に対する要求出力である。燃料電池の出力が増加すれば電気化学反応に伴う熱の発生が増えて冷却液の温度がより上昇する。また、燃料電池システム全体の運転状態も影響する。システムに必要な負荷がより高負荷であれば冷却液の温度もより上昇しやすい。また、外気温は直接空冷強度に影響する。外気温がより高ければ冷却液の温度もより上昇しやすい。

- 20 そしてこれらの要素によって上下する冷却液の温度を制御部20が強制的に制御できる要素が、ラジエタ14における空冷強度制御、冷却液ポンプ18における冷却液の流量制御、燃料電池スタック10に対する発電出力の抑制制御である。制御部20はこれらの制御要素を単独で、または、組み合わせて用いることにより、冷却液の温度を目標温度の範囲に抑える。

- 25 目標冷却液温度が低い温度に設定されたら、冷却性能が許す範囲で冷却液の冷却強度を上げる必要がある。そこで制御部20は三方弁17を冷却経路13に切り替え、ラジエタ14を通過する風による自然空冷に切り替える。自然空冷では

冷却が十分でない場合には、制御部 20 はモータ 15 に制御信号を供給しファン 16 を回転させラジエタ 13 による空冷強度を上昇させる。夏など外気温が高く、通常のファンの回転では冷却強度が不足している場合には、制御部 20 は回転数を増やすための制御信号をモータ 15 に供給して、ファン 16 を高速回転させ空冷の強度を上げる。また、制御部 20 は冷却液ポンプ 18 に対しても必要とされる冷却強度に応じた回転数を設定する。

通常、要求冷却強度の範囲であれば上記いずれかの冷却制御で冷却液を目標設定温度 T_L に維持可能であるが、さらに外気温が高い場合には冷却が追いつかず冷却液の温度が目標設定温度 T_L を上回ってしまう場合がある。そこで制御部 20 は、温度に関係するパラメータから当該システムの冷却能力を最大限に利用しても冷却液の冷却が不十分と判断した場合には (S8: NO)、燃料電池スタック 10 に設定されている要求出力値自体を低出力に再設定する (S9)。この低出力は、例えば調圧弁 21 による調整圧の低減、遮断弁 22 や 23 の一時的閉鎖、コンプレッサ 30 駆動量の減少等の措置で実現できる。

上記の制御により冷却液の温度が T_L に維持できれば低温設定における導電率 S_L も目標導電率範囲に収めることができる。

一方、冷却液の温度はある程度の高い方が好ましい場合がある。そのため、導電率の上限値 S_{max} を越えない範囲で冷却液の温度は高く設定されている方が好ましい。そこで、制御部 20 は冷却液の目標設定温度が低い温度 T_L に設定されている場合であって (S5: NO)、通常の冷却液の設定温度 T_H においても導電率 S_H が上限値 S_{max} 以下であるときには (S10: YES)、低く設定されていた目標冷却液温度を通常温度 T_H に戻す (S11)。

例えば図 4 において、始動時に位置 C であるような場合、低い冷却液温度 T_L における導電率 (位置 C_L) は無論上限値 S_{max} 以下であるが、通常温度 T_H であつたとしても上限値 S_{max} 以下になっている (位置 C_H)。これでは冷却液の温度が下がり過ぎている。このような場合には冷却液の目標設定温度を T_H に戻すべきな

のである。

冷却液の温度を再度上昇させるには、例えば制御部 20 は、ファン 16 の回転数を落としたり回転を停止させ自然空冷に切り替えたり、さらに三方弁 17 をバイパス経路 12 の方に切り替えてラジエタ 14 による冷却を停止したりができる。

5 さらに冷却液ポンプ 18 の回転数を落としてもよい。

以上、本実施形態 1 の冷却処理によれば、結局、暖機後の温度における導電率は、相関関係の直線の傾きによって定まる目標導電率の範囲（図 4 の斜線）において維持されることになるのである。

つまり、目標設定温度における導電率 S_H が目標導電率範囲を越えている場合にはこの範囲内に入るように目標設定温度が変更され、冷却強度を上昇させるよう制御されるので、導電率が異常に高くなることを防止できる。

また、目標設定温度での導電率が目標導電率範囲を下回る場合には冷却液の目標設定温度を上昇させよう制御されるので、適正なシステム動作を維持することが可能である。

15 （実施形態 2）

本発明の実施形態 2 は実施形態 1 と異なり、導電率低減装置を備え、導電率の直接低減を考慮した場合の冷却制御に関する。図 5 に本燃料電池システムのシステム全体図を示す。図 5 に示すように、当該燃料電池システムでは、実施形態 1 における冷却液の循環経路 11 に、本発明の導電率低減装置に相当するイオン交換器 19 が設けられている。また循環経路 11 には熱交換器 30 が設けられて当該熱交換器を通じて、一次経路である循環経路 11 を流れる冷却液と熱交換を行うための二次冷却装置が設けられている。当該二次冷却装置は、調圧弁 31、コンデンサ 32、循環ポンプ 33 により構成されており、熱交換器 30 によって循環経路 11 を流れる冷却液から熱を奪い冷却液の温度を低下させることが可能に構成されている。その他の構造については実施形態 1 と同様である。

イオン交換器 19 は、表面積を多くした球状または繊維形状のイオン交換樹脂

が流路を形成するハウジング内に充填されて構成されている。イオン交換樹脂は陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂とで構成された合成樹脂であり、官能基が設けられており、陽イオンは陽イオン交換樹脂に、陰イオンは陰イオン交換樹脂に吸着されるようになっている。当該イオン交換器 19 に冷却液を通すことによ

5 　　ってイオンが除かれ、冷却液の導電率が低減するようになっている。一方、イオン交換樹脂が充填された中の冷却液が通過するため、イオン交換器 19 では圧損が発生し、多量の冷却液を循環させることができにくくなっている。そのため本実施形態では、熱交換器 30 を用いた二次冷却装置を設けて冷却液の温度を更に

10 　　下げて、循環させる冷却液の水量が少なくてもある程度の冷却強度を維持できるように構成してある。またこのような二次冷却装置を設けたので、イオン交換器 19 の容量を多くし、導電率低減能力を上昇させることができる。このため、本実施形態では、導電率を維持するための本発明の冷却制御においてイオン交換器 19 による導電率低減も考慮することができる。

なお、上記したような熱交換器 30 を用いる他に、イオン交換器の圧損に対応

15 　　するため、循環経路に、並列したバイパス経路を設け、そのバイパス経路にイオン交換器を設置するように構成してもよい。

次に、図 6 のフローチャートを参照しながら、本実施形態 2 における燃料電池システムの冷却装置における処理を説明する。

始動時または間欠運転の再開時における冷却液の導電率 S_0 と温度 T_0 を測定し、

20 　　目標設定温度 T_H か T_L における予測導電率 S_H か S_L を求める処理までは実施形態 1 と同様である ($S_{21} \sim S_{24}$)。

本実施形態 2 では、イオン交換器 19 を設けているため、イオン交換による冷却液の導電率低減が期待できる。この導電率の低減量は、イオン交換器 19 を流すことができる冷却液の水量、すなわち冷却液ポンプ 18 の回転数に相関して定

25 　　まる。冷却液ポンプ 18 の回転数は、冷却液の目標設定温度に応じて異なるため、現時点の目標設定温度が通常温度 T_H であるか低温 T_L であるかに応じて冷却液ポ

ンプの回転数から定まる循環水量、さらに導電率低下量が予測できる。

そこで、制御部 20 は、現在の目標設定温度が通常温度 T_H である場合には (S 25 : YES)、通常温度 T_H までに循環させる水量に対応させて暖機後の導電率低下量 ΔS_H を予測する (S 26)。そしてステップ S 24 で予測した暖機後の導電率 S_H からイオン交換器 19 による導電率低下量 ΔS_H を減算して、これを暖機後の導電率 S_H とする (S 27)。

また現在の目標設定温度が低温設定 T_L である場合には (S 25 : NO)、低温設定 T_L において循環させる水量に対応させて暖機後の導電率低下量 ΔS_L を予測する (S 35)。そしてステップ S 24 で予測した暖機後の導電率 S_L からイオン交換器 19 による導電率低下量 ΔS_L を減算して、これを暖機後の導電率 S_L とする (S 36)。

このようにイオン交換器における導電率低下分も考慮した導電率の予測ができた後の冷却制御については、実施形態 1 と殆ど変わることはない。すなわち予測導電率 S_H が上限値 S_{max} を越えたら (S 28 : YES)、冷却液の目標設定温度を低温に変更し (S 29)、冷却能力が追いつくならそのまま (S 30 : YES)、追いつかないなら (S 30 : NO)、燃料電池スタック 10 の出力自体を低めに設定する (S 31)。また、低温設定において、通常温度 T_H においても導電率 S_H が上限値 S_{max} を越えない場合には (S 37 : YES)、冷却液の目標設定温度を通常温度 T_H に戻す (S 38)。

本実施形態 2 によれば、例えば図 7 に示すように、イオン交換器 19 による導電率低下分を勘案するので、冷却液が低温設定 T_L であればイオン交換器 19 が無い場合 (位置 A_L) に比べ、導電率低下量 ΔS_L だけ暖機後の導電率 S_L が低下する (位置 E_L)。また冷却液が通常設定 T_H であればイオン交換器 19 が無い場合 (位置 A_H) に比べ、導電率低下量 ΔS_H だけ暖機後の導電率 S_H が低下する (位置 E_H)。このため、図 7 に示すように、導電率が冷却液の温度によらず常に一定であるように制御可能である。

その他の作用効果については上記実施形態 1 と同様である。

(その他の実施形態)

図 9 に本発明の燃料電池システムにおける機能ブロック図を示す。本発明は以下の機能を何らかの形態で実現できる限りにおいて、上記実施形態以外にも種々に変更して適用することが可能である。

すなわち、図 9 に示すように、本発明は、機能ブロックとして、冷媒の導電率を測定する導電率測定手段 1、冷媒の温度を測定する温度測定手段 2、冷媒の導電率、冷媒の温度、及び何らかの形態で把握される冷媒の温度と導電率との相関関係 4 に基づいて目標設定温度での導電率を予測する手段 3、目標設定温度での導電率が目標導電率範囲を超える場合に、目標設定温度を低下させる手段 5 を備えるものである。さらに好ましくは、目標設定温度での導電率が目標導電率範囲を超えない範囲で目標設定温度を上昇させる手段 6 を備えていてもよい。具体的には、例えば、上記実施形態では、冷却液の目標設定温度を制御して導電率を所定の範囲の維持するように制御していたが、導電率の低減率を制御して暖機後の導電率を所定の範囲に維持するように制御してもよい。すなわち、目標とする暖機後の導電率を設定し、その導電率になるようイオン交換器 19 にイオン除去をさせるべく、例えば冷却液ポンプ 18 の回転数を制御し、導電率を制御することも可能である。

例えば図 8 に示すように、このような導電率低減の積極的な制御により、イオン交換器 19 の容量、すなわち導電率低減能力を上げることにより始動時における導電率よりも暖機後の導電率をさらに低下させるような制御も可能となる。

また冷却装置は例示であり、冷却液の冷却方法には種々のものが考えられ、上記実施形態に限定はされない。

また本発明は、燃料電池システムの暖機時に限定されずに実施可能である。例えば、燃料電池システムの運転中に、燃料電池が電力を供給している負荷装置（例えば、車両用の駆動用モータや燃料電池用補機）からの負荷要求量に基づい

て燃料電池の温度上昇を予測し、導電率を維持するように制御してもよい。

- また、上記実施形態では、温度上昇を予測するものであったが、これに限定されない。例えば、燃料電池の温度や冷却液（冷媒）の温度を温度センサで直接的に又は間接的に検出し、その温度が目標導電率範囲に対応した導電率上限温度を
- 5 超えた場合に、冷却液の温度制御や燃料電池の運転状態を変更してもよい（フィードバック制御）。この場合、導電率上限温度を予め本来の導電率限界に対して十分に許容できるマージンを考慮して設定することが好ましい。

（産業上の利用可能性）

- 以上本発明によれば、冷媒の温度に関連するパラメータと当該冷媒の導電率と
- 10 の相関関係に基づいて導電率を確実に目標とする範囲に維持可能であるため、導電率が上がることによって支障を生じる燃料電池システム一般に適用可能である。その燃料電池システムが、車両のような地上移動体、船舶のような海上移動体、潜水艇のような海中移動体、航空機のような空中移動体に搭載されていても、発電プラントのような不動産として設置されていても、利用可能なものである。

請求の範囲

1. 冷媒を供給することにより燃料電池の温度を目標設定温度に調整する冷却装置であって、

5 冷媒の温度に関連するパラメータと当該冷媒の導電率との相関関係に基づいて目標設定温度での導電率が目標導電率範囲内に維持されるように前記冷媒の温度に関連するパラメータを制御可能に構成されたことを特徴とする燃料電池の冷却装置。

2. 前記冷媒の温度に関連するパラメータとは、前記冷媒の温度、前記冷媒の冷却の程度前記燃料電池の要求出力、前記燃料電池の運転状態、及び外気温から
10 なるグループから選ばれる一つ以上の要素である、請求項 1 に記載の燃料電池の冷却装置。

3. 前記冷媒の温度は、当該冷媒の冷却の程度と前記燃料電池の運転状態との少なくとも一方を変更することにより制御される、請求項 1 または 2 に記載の燃料電池の冷却装置。

15 4. 前記冷媒の導電率を低減させる導電率低減手段をさらに備え、
前記導電率低減手段による導電率の低減量に基づいて前記冷媒の温度に関連するパラメータを制御する、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の燃料電池の冷却装置。

5. 前記冷媒の導電率を測定する導電率測定手段と、
20 前記冷媒の温度を測定する温度測定手段と、
前記冷媒の導電率、前記冷媒の温度、及び前記冷媒の温度と導電率との相関関係に基づいて前記目標設定温度での導電率を予測する手段と、

前記目標設定温度での導電率が前記目標導電率範囲を超える場合に、前記目標設定温度を低下させる手段とを備えた、請求項 1 に記載の燃料電池の冷却装置。

25 6. 前記目標設定温度での導電率が前記目標導電率範囲を超えない範囲で前記目標設定温度を上昇させる手段をさらに備える、請求項 5 に記載の燃料電池の冷

却装置。

7. 冷媒を供給することにより燃料電池の温度を目標設定温度に調整する冷却方法であって、

前記冷媒の導電率を測定するステップと、

5 前記冷媒の温度を測定するステップと、

前記冷媒の導電率、前記冷媒の温度、及び前記冷媒の温度と導電率との相関関係に基づいて前記目標設定温度での導電率を予測するステップと、

前記目標設定温度での導電率が前記目標導電率範囲を超える場合に、前記目標設定温度を低下させるステップと、

10 を備えた燃料電池の冷却方法。

8. さらに、前記目標設定温度での導電率が前記目標導電率範囲を超えない範囲で前記目標設定温度を上昇させるステップを備える、請求項7に記載の燃料電池の冷却方法。